Die Märklin-Motoren

1. Einleitung
2. Scheibenkollektormotor (LFCM oder SFCM)
3. Trommelkollektormotor (DCM)
4. C-Sinus-Motor (kollektorloser Motor)
5. Glockenanker- oder Faulhabermotor (eisenloser Motor)
6. Motorkosmetik (ölen und fetten)

1. Einleitung

Bei Märklin gibt es neben den klassischen Allstrommotoren, die mit Gleich- und Wechselstrom gleichermaßen gut fahren, auch reine Gleichstrommotoren, die vom Aufbau her teilweise den Allstrommotoren gleichen. An Stelle der beim Allstrommotor vorhandenen Feldspule mit Mittelanzapfung finden Sie beim Gleichstrommotor einen Permanentmagneten vor. Außerdem baut Märklin inzwischen auch Glockenanker- oder Faulhabermotoren ein, bei denen es sich um eine Sonderbauform des Gleichstrommotors handelt. Einen nur bei Märklin erhältlichen Motor stellt der C-Sinus-Motor dar, der einen speziellen Lokdekoder benötigt. Bei Märklin H0 werden (grob) zwei verschiedene Typen von Allstrommotoren verwendet: Der neuere Trommelkollektormotor und der früher übliche Scheibenkollektormotor. Am Einfachsten sind die beiden Typen an den Bürstentypen zu unterscheiden. Trommelkollektormodelle weisen zwei Kohlebürsten auf, während die Scheibenkollektortypen eine Kohle- (Märklin-Ersatzteilnummer: 60 1460) und eine Kupferdrahtbürste (Märklin-Ersatzteilnummer: 60 0300) besitzen.

Der feststehende Teil des Motors heißt Ständer oder Stator (lateinisch für feststehendes Teil) und die umlaufende (sich drehende) Baugruppe trägt die Bezeichnung Läufer, Anker (wegen der Form der Läuferspulen) oder Rotor (lateinisch für sich drehendes Teil, Rotationsbewegung). Der Ständer wird auch als Erreger bezeichnet, weil das von ihm erzeugte Magnetfeld den Läufer zum Laufen anregt (bringt). Beim Allstrommotor, mit einem Elektromagneten (Eisenkern mit Feldspule) als Ständer, finden Sie für den Ständer manchmal auch den Begriff Feldmagnet.

Beim Gleichstrommotor handelt es sich um einen Permanentfeldmotor, der aus einem Permanent- oder Dauermagneten und einer auf einen Anker gewickelten drehbaren Spule besteht. Der Permanentmagnet erzeugt dabei ein konstantes magnetisches Feld. Zwischen seinen Polschuhen befindet sich der drehbare Anker mit der darauf gewickelten Spule. Der Ankerkörper besteht aus einem Blechpaket. Fließt nun der Strom über die Kohlebürste und den Kollektor (auch Kommutator oder Stromwender genannt) durch die Spulenwicklung des Ankers, so entsteht dort ein Magnetfeld. Abhängig von der Stromrichtung wird dabei der eine Ankerkopf zum Nord- und der andere zum Südpol. Da sich gleichnamige Pole abstoßen und ungleichnamige anziehen, dreht

sich der Anker im Feld des Dauermagneten solange, bis sich z.B. der Nordpol des Permanentmagneten und der Südpol der Ankerwicklung gegenüberstehen. Der Anker würde nun in dieser (Totpunkt-)Stellung verweilen, wäre da nicht der Kollektor, der in diesem Moment die Ankerwicklung umpolt und dadurch den bisherigen Südpol der Spule zum Nordpol und den Nordpol zum Südpol macht. Der Motor kann dadurch kontinuierlich drehen. Durch Vertauschen der Polarität der anliegenden Gleichspannung ändert sich die Drehrichtung des Motors.

Die Gleichstrom-Modellmotoren haben zur Überwindung des toten Punktes abweichend vom oben angegebenen Aufbau einen mehrpoligen Motor. Bei Märklin finden Sie Gleichstrommotoren mit drei oder fünf Polen.

Der Allstrommotor, der mit Gleich- oder Wechselstrom arbeitet, besteht aus einem Eisenkern, auf den eine Feldspule mit Mittelanzapfung gewickelt ist. Die Wicklung der Feldspule besteht aus Kupferlackdraht. Der hauchdünne Lacküberzug des Drahtes sorgt für eine elektrische Trennung der Drähte untereinander. Zwischen den Polschuhen des Eisenkerns befindet sich der drehbare Anker mit der darauf gewickelten Spule, d.h. diese Anordnung wird erst durch den durch die Feldspule fließenden Strom magnetisch. Anker und Feldspule sind hintereinandergeschaltet (Reihenschlussmotor), sodass die Mittelanzapfung der Feldspule mit einem Ende der drehbaren Ankerwicklung verbunden ist. Die Drehrichtung des Motors ist davon abhängig, wie die Magnetfeldrichtung (Nord- und Südpol) des Ankers zur Magnetfeldrichtung der Feldspule steht. Wird die Betriebsspannung bei diesem Motor umgepolt, so wird der bisherige Nordpol zum Südpol und der bisherige Südpol zum Nordpol und zwar zeitgleich im Anker und in der Feldspule! Die Ankerwicklung dreht sich also in einem magnetischen Wechselfeld, das seine Polung (aufgrund der Reihenschaltung von Ankerwicklung und Feldspule) im selben Takt ändert, wie sich die Stromrichtung in der Ankerwicklung ändert. Die Drehrichtung bleibt somit immer gleich, wodurch dieser Motor sowohl mit Wechsel- als auch mit Gleichstrom gleichermaßen gut läuft. Durch Umpolen der Feldspule erfolgt die Umkehr der Drehrichtung. Der Strom wird hierbei entweder der einen oder der andern Feldspulenhälfte zugeführt, die sich zur Mittelanzapfung gegensinnig verhalten. Auch die Magnetfelder der beiden Feldspulenhälften verhalten sich gegensätzlich, so dass auch die Relation zwischen dem Magnetfeld der Feldspule und dem der Ankerwicklung wechselt. Die Umschaltung (zwischen den Feldspulenhälften) übernimmt entweder ein Umschaltkontakt (fu1) eines monostabilen 24-V-Relais (Stromstoßrelais FU) in der Lokomotive oder eine elektronische Schaltung (z.B. eine Brückenschaltung aus vier Leistungstransistoren oder ein Digital-Dekoder). Das Umschaltrelais FU schaltet bei jeder Erregung den Umschaltkontakt fu1 und damit die Fahrtrichtung um. Nach NEM 640 sollte der Umschaltimpuls einen Nennwert von 24 V haben. Der Umschaltimpuls darf nach NEM 640 nicht kürzer als 0,1 und nicht länger als 3 Sekunden sein. Bei Märklin sind drei unterschiedliche Allstrommotoren in den Lokomotiven zu finden: Der große und der kleine Scheibenkollektormotor (LFCM, SFCM) sowie der Trommelkollektormotor (DCM).

Zusammenfassend gilt also: Beim Gleichstrommotor lässt sich die Fahrtrichtung durch Umpolen der Versorgungsgleichspannung ändern und beim Allstrommotor ist hierzu zwischen den beiden Feldspulenhälften umzuschalten. Nun zu den verschiedenen Märklin-Motoren im Einzelnen:

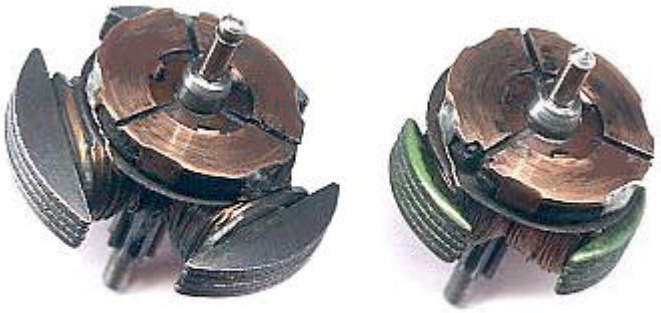
2. Scheibenkollektormotor

Es ist hierbei zwischen den Motoren mit großem oder kleinem Scheibenkollektor zu unterscheiden. Die englischen Bezeichnungen hierfür lauten: LFCM = large flat collector motor und SFCM small flat collector motor. Anstatt collector steht auch manchmal commutator.

Bei diesem Motortyp ist der Kollektor scheibenförmig ausgeführt, d. h. zur Stromübertragung von den Bürsten (Kupferdraht/Kohle) auf die rotierenden Ankerspulen des Elektromotors dient (als mechanisches Bauteil) eine Kupferscheibe. Die scheibenförmige Fläche des Kollektors ist dabei kuchenstückähnlich in drei Segmente aufgeteilt. Bis 1971 wurden von Märklin ausschließlich Scheibenkollektormotoren verbaut. Ab 1957 wurde z. B. das Modell der Baureihe V 200, bei dem Motor und Drehgestell eine Einheit bilden, mit einem großen Scheibenkollektormotor ausgestattet. Den kleinen Scheibenkollektormotor finden Sie z. B. in der bereits sei 1953 produzierten BR 89 oder in der BR 24, die seit 1956 damit produziert wird. In aktuellen Modellen hat der Trommelkollektormotor den Scheibenkollektormotor inzwischen abgelöst. Der große Scheibenkollektormotor besitzt in etwa die gleiche Kollektorfläche wie der kleinere, aber die Bauform der Pole des Rotors ist kleiner (siehe Bild M2). Außerdem wird beim LFCM die Ankerachse mit einem Sprengring am Motorschild geführt. Beim SFCM entfällt der Sprengring.

Der Scheibenkollektormotor lässt sich daran erkennen, dass die Bürsten zur Stromübertragung unterschiedlich beschaffen sind. Eine Bürste ist aus Kupferdraht (1), die andere aus Kohle oder Graphit (2). Es gibt dabei zwei verschiedene Ausführungen:

1. Scheibenkollektormotor mit Permanentmagnet für Gleichstrom.
2. Scheibenkollektormotor mit Feldspule mit Mittelanzapfung (also mit drei Drähten) für Gleich- und Wechselstrom (Allstrommotor).



LFCM SFCM

Bild M2 Scheibenkollektormotoren

Beim Allstrommotor liegt die Mittelanzapfung der Feldspule an dem einen Motoranschluss und der andere Motoranschluss liegt über eine UKW-Entstördrossel am Skischleifer (Bahnstrom = roter Draht). Der Skischleifer wiederum hat Kotakt zum Mittelleiter des H0-Gleises. Die beiden anderen Drähte der Feldspule gehen zum Umschaltkontakt fu1, den das Stromstoßrelais (der Fahrtrichtungsschalter) FU betätigt. Der Umschaltkontakt fu1 bestimmt dabei, welcher der beiden Drähte an Masse (brauner Draht) liegt und in welche Richtung die Lokomotive somit fährt. Es liegt also nur immer ein Feldspulenende an Masse und legt die Drehrichtung des Motors fest.

Die Spule des Umschaltrelais FU wird durch einen 24-V-Spannungsimpuls aktiviert. Eine kleine Feder oberhalb des Relais FU verhindert ein Schalten bei normaler Betriebspannung. An einem zentralen Punkt am Motorschild laufen alle Masse-Versorgungsleitungen, auch für die Lampen, zusammen. Das Gehäuse der Lok liegt ebenfalls an Masse. Von dort leiten die Räder den Strom auf die beiden Außenschienen (Masse = brauner Draht) und über diese zurück zum Transformator. Bild M1 zeigt die entsprechende Verdrahtung.

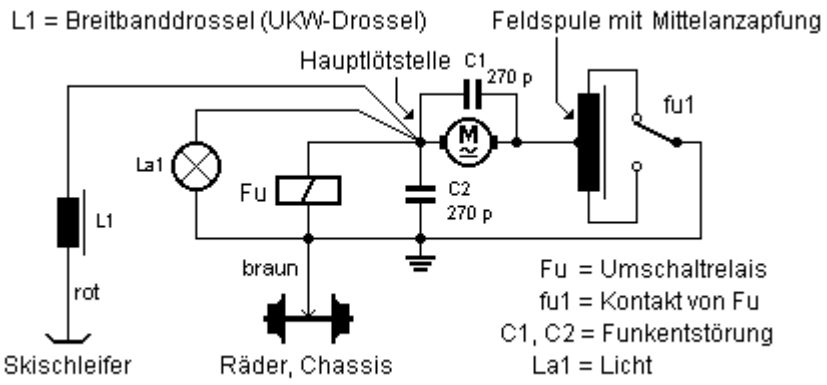


Bild M1 Allstrommotor in einer Märklinlok

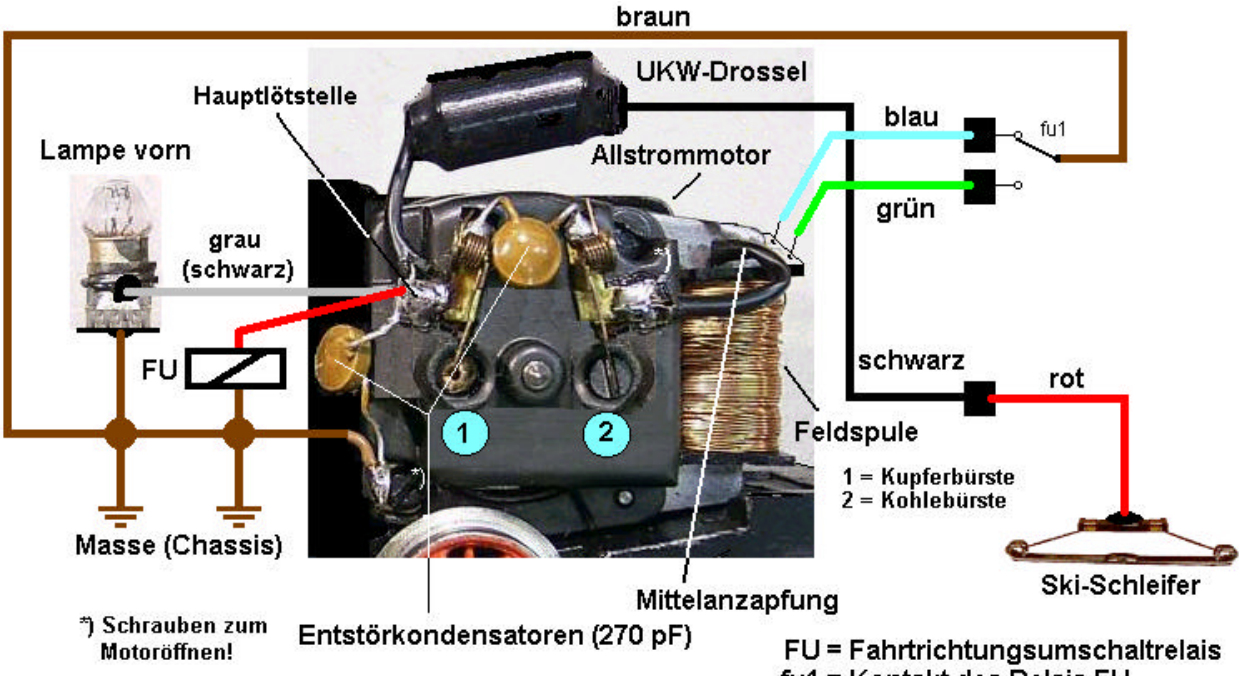


Bild M3 Allstrommotor (SFCM) einer Märklin-Lok

Im Bild M3 ist der Motorschild eines (kleinen) Scheibenkollektormotors (SFCM) zu sehen, der sich leicht an den unterschiedlichen Bürsten zur Stromübertragung erkennen lässt. Eine Bürste ist aus Kupferdraht (1), die andere aus Kohle oder Graphit (2). Der Motor besitzt einen Feldmagnet (Eisenkern mit Feldspule), ist also ein Allstrommotor, der sich mit Wechsel- oder Gleichstrom gleichermaßen betreiben lässt. Zur Kupferbürste (1) gehört die sogenannte Hauptlötstelle (direkt darüber). Hier ist die UKW-Drossel angelötet, die mit dem Skischleifer der Lok verbunden ist. Der Skischleifer liefert den einen Pol der Fahrspannung (Bahnstrom = roter Draht). An die Hauptlötstelle sind außerdem die Lampe(n) und die Spule des Fahrtrichtungsumschaltrelais FU angeschlossen. Von der Kohlebürste (2) geht ein Draht zur Mittelanzapfung der Feldspule. Die beiden Enden (grüner und blauer Draht oder beide schwarz) der Feldspule führen zum Umschaltkontakt fu1 des Fahrtrichtungsumschaltrelais FU. Kontakt fu1 legt dann einen der

beiden Drähte an Masse. Der Masseanschluss erfolgt an einer Lötstelle unterhalb der Kupferbürste (1).

Der Motor selbst hat nur drei Anschlüsse (Lötstellen): Masse, Hauptlötstelle und den Anschluss für die Mittelanzapfung der Feldspule. Achtung: Die Mittelanzapfung besteht aus zwei Drähten, die immer beide anzulöten sind. Vom Skischleifer gelangt der Strom des Gleis-Mittelleiters über die UKW-Drossel auf die Hauptlötstelle und weiter auf die Kupferbürste (1) des Kollektors. Von dort fließt der Strom über eine der Rotorspulen sowie die Kohlebürste (2) zur Mittelanzapfung der Feldspule und von einem Ende der Feldspule über den Kontakt fu1 gegen Masse ab. Bild M3a zeigt den mechanischen Aufbau eines LFCM.

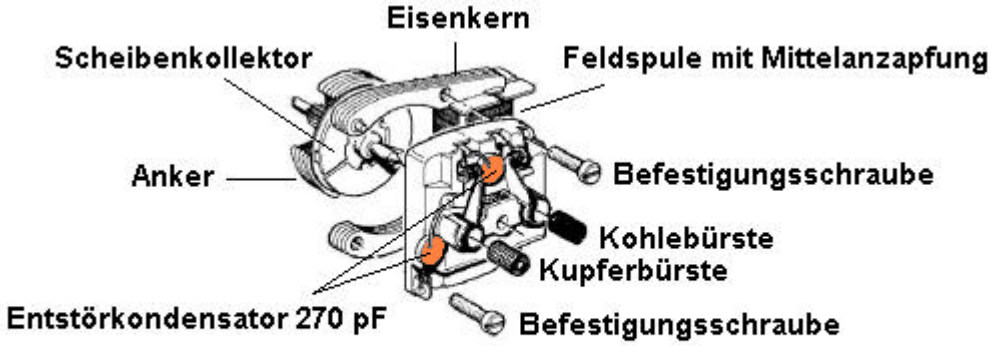


Bild M3a Mechanischer Aufbau eines großen Scheibenkollektormotors (LFCM) mit Feldspule (Allstrommotor)

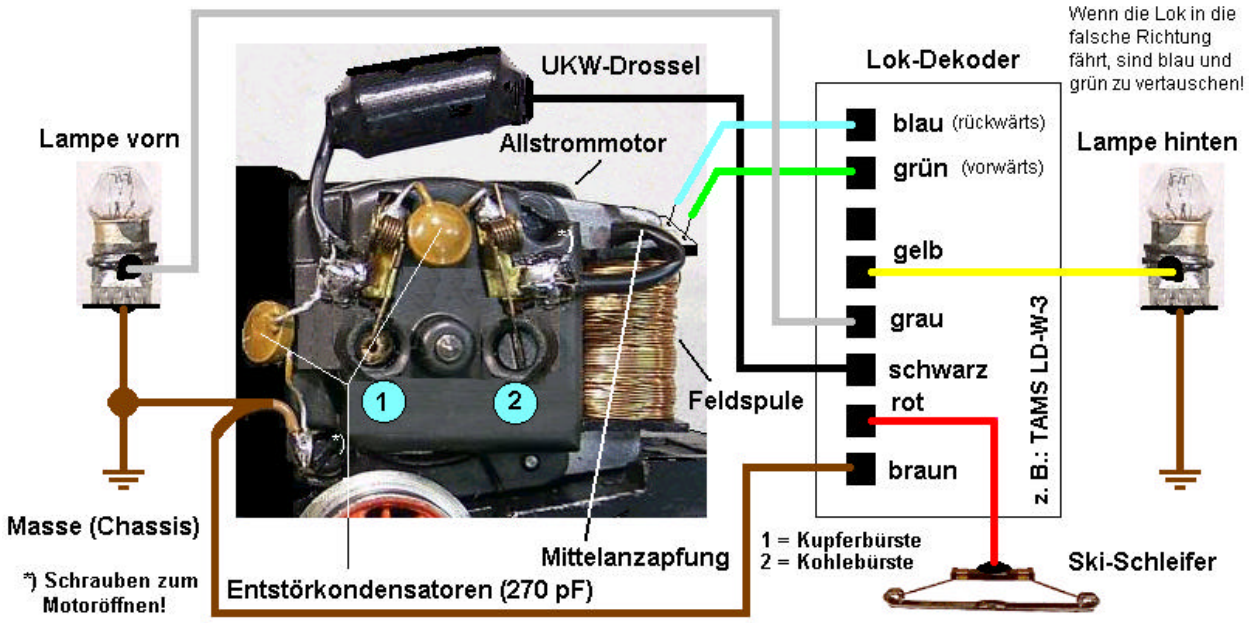
Von der Feldspule führen zwei Drähte zurück. Nur jeweils einer dieser Drähte liegt jedoch (über fu1) auf Masse (brauner Draht) und bestimmt die Drehrichtung des Motors. Das Lokchassis und die Metallräder (mit Metallachse) sind leitend miteinander verbunden (Masse), so dass der Strom über die beiden Außenschienen wieder zum Transformator zurückfließen kann.

2.1 Anschluss eines digitalen Lokdekoders im Motorola-Format

Bild M4 zeigt den prinzipiellen Anschluss eines digitalen Lokdekoders im Motorola-Format. Entsprechende Lokdekoder haben u. a. Märklin, TAMS, Kühn oder Conrad im Lieferprogramm. Auch der Selbstbau eines Lokdekoders ist möglich. Näheres hierzu erfahren Sie in Band 4 der vierbändigen Buchreihe "ELEKTRONIK & MODELLBAHN", die im Elektor-Verlag erschienen ist.

Der elektromagnetische Fahrtrichtungsumschalter (FU) entfällt und wird durch den Lokdekoder ersetzt. Achtung der Lokdekoder oder dessen Lötstellen dürfen keinen Kontakt zum Metallchassis haben, d. h. die Metallteile sollten Sie am Besten mit Paketklebeband bekleben. Der Lokdekoder selbst ist mit Doppelklebeband oder Kabelbindern (Strapsen) zu befestigen. An die beiden Enden der Feldspule, die bisher am Umschaltkontakt fu1 angelötet waren, kommt zum Einen das grüne und zum Anderen das blaue Kabel vom Lokdekoder. Die Kabel sind dabei sehr vorsichtig an die Drähte der Feldspule anzulöten. Die Lötstelle ist anschließend mit Rüsch- oder Schrumpfschlauch zu schützen, um Kurzschlüsse zu vermeiden. Die Lok sollte danach vorwärts fahren, wenn die am grauen Draht angelötete Lampe leuchtet. Ansonsten sind grüner und blauer Draht zur Feldspule zu vertauschen. Der schwarze Draht vom Lokdekoder ist über die (vorhandene)

UKW-Drossel mit der Motorbürste verbunden. Achtung, bitte den schwarzen Draht nicht direkt an die Motorbürsten-Lötstelle anlöten!! Das rote Kabel führt zum Skischleifer, d. h. zum Mittelleiter des H0-Gleises. Das braune Kabel geht zur Gehäusemasse und damit über die Räder zu den Außenschienen. Ebenfalls an Masse liegt der schon vorhandene Entstörkondensator (270 pF), der mit dem anderen Ende direkt am Kupferbürstenkontakt angelötet ist. Der zweite Entstörkondensator (270 pF) zwischen Bürsten- und Kohlekontakt bleibt ebenfalls an seinem Platz.



Vor dem Umbau war der Ski-Schleifer über die UKW-Drossel mit dem Motor verbunden und die beiden Enden der Feldspule (jetzt blau und grün) waren am Umschaltkontakt des Stromstoßrelais angelötet!

Bild M4 Allstrommotor (SFCM) einer Märklin-Lok angeschlossen am digitalen Lokdekoder

Wenn die Lampe(n) isoliert vom Chassis befestigt ist (sind), so kann (wenn der Dekoder diese Möglichkeit bietet) anstelle der Masseverbindung (braun) der orange Draht des Dekoders genutzt werden. Dadurch wird das, durch den Datenverkehr auf dem roten und braunen Draht verursachte, Flackern der Lampen eliminiert. Der orange Draht liefert hierbei eine stabilisiert Plusspannung für die Lampen. Oranger Draht und Lokchassis (Masse) dürfen auf keinen Fall miteinander verbunden sein, ein defekter Lokdekoder wäre die Folge. Die isolierten Lampenfassungen lassen sich auch nachträglich einbauen. Entsprechende Stecklampenfassungen aus Kunststoff haben Märklin (Ersatzteilnummer: 27 6770) oder Conrad (Ausführung mit Lötösen = Bestellnr.: 72 50 56) parat. Die Stecklampen sollten für eine Nennspannung von 19 V ausgelegt sein, z. B.: 19 V/50 mA. Die Glühlampe von Märklin hat die Ersatzteilbestellnummer: 61 0080, die Bestellnr. von Conrad lautet: 21 05 28.

Hat der Lokdekoder keinen orangen Draht, so lässt sich die positive Lampenspannung durch je eine Diode 1 N 4004 vom braunen und roten Kabel gewinnen. Die Katoden (Strich beim Schaltsymbol und auf dem Bauteil) sind zusammenzulöten; hier erfolgt der Anschluss der Lampe(n). Eine Dioden-Anode kommt an das braune und die andere an das rote Kabel. Wichtig: Auch hier müssen die isolierenden Lampenfassungen (aus Kunststoff) zum Einsatz kommen.

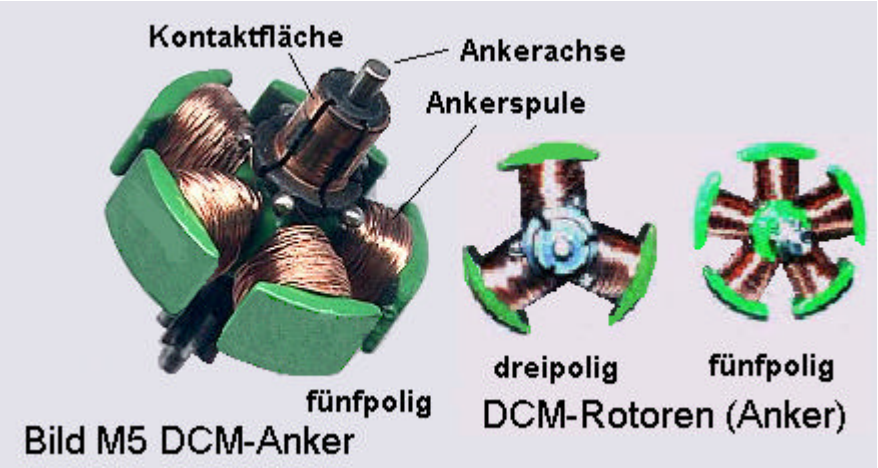
Der große Scheibenkollektormotor ist stark und robust. Er ist unverwüstlich und hält ewig. Durch den großen Rotor verfügt er über ein hohes Drehmoment. Märklin produziert derartige Motoren nicht mehr.

Die kleinere Ausführung (SFCM) braucht eine relativ hohe Anfahrspannung und läuft nach Überwinden dieses toten Punktes ziemlich rasant los. Märklin setzt diese (nicht mehr zeitgemäßen) Motoren noch teilweise beim Hobby-Programm ein.

Märklin liefert Antriebssets zum Umrüsten von bestimmten Märklin-Loks (siehe Märklin-Umbauliste) mit SFCM (Set 60903) oder LFCM (Set 60904) zum Hochleistungsantrieb. Die Sets enthalten u. a. einen fünfpoligen Trommelkollektormotor mit Permanentmagneten (also für Gleichstrom) sowie einen digitalen Lokdekoder 60902 (z. B. mit dem Chip 701.22B).

3. Trommelkollektormotor

Die englische Abkürzung für den Trommelkollektormotor lautet DCM = drum collector motor. Der Trommelkollektormotor ersetzt zunehmend den Scheibenkollektormotor. Bei Märklin erschien als erstes Modell mit Trommelkollektormotor 1973 die Dampflok der BR 003. Der Trommelkollektormotor in diesem Modell war s. Z. dreipolig.



Beim Trommelkollektormotor ist der Kollektor walzenförmig ausgeführt, d. h. auf einem trommelförmigen Ankerstummel befinden sich drei oder fünf Kontaktflächen gleicher Größe für die Stromübertragung zu den Ankerspulen. In Bild M5 sehen Sie die (senkrechten) Kontaktflächen aus Kupfer oberhalb der Ankerspulen. Bei Märklin gibt es Trommelkollektormotoren in drei- und fünfpoliger Ausführung, sowohl mit Permanentmagnet als auch mit Eisenkern sowie Feldspule mit Mittelanzapfung. Bild M5 zeigt die drei- und fünfpolige Ausführung, d. h. mit drei oder fünf Ankerwicklungen. Der Trommelkollektormotor verfügt über zwei Kohle- oder Graphitbürsten zur Stromübertragung zum Motor, die quer zur Drehrichtung des Ankers liegen.

Die Funktion des Trommelkollektormotors mit Feldspule wurde in der Einleitung bereits beschrieben, so dass eine erneute Beschreibung (Wiederholung) unterbleibt. In den Bildern M6 und M6b sehen Sie die Einzelteile eines Trommelkollektormotors mit Feldspule, es sind dies im Wesentlichen der drei- oder fünfpolige Rotor (in Bild M6 ist es ein dreipoliger), der Eisenkern, den die auf ihn gewickelte Feldspule mit Mittelanzapfung magnetisiert und der Motorschild mit den beiden Entstörkondensatoren (die wie beim Scheibenkollektormotor geschaltet sind) sowie den beiden Kohlen zur Stromübertragung. Der Anschluss des Trommelkollektormotors oder eines Lokdekoders (nach dem Motorola-Format) geschieht wie beim Scheibenkollektormotor beschrieben. Die Bedeutung der Kabelfarben finden Sie in Abschnitt 3.1 etwas weiter unten.

Der dreipolige Trommelkollektormotor ist ein recht starker Motor, dessen Fahreigenschaften im unteren Geschwindigkeitsbereich zwar besser sind als beim Scheibenkollektormotor, aber nicht an den Trommelkollektormotor mit fünfpoligem Rotor heranreichen. Der DCM mit dem fünfpoligen Rotor hat sich im rauen Modellbahnalltag bewährt und liefert ein akzeptables Fahrverhalten. Er weist auch bei geringen Geschwindigkeiten schon einen ruhigen Lauf und ein hohes Drehmoment auf. Außerdem ist dieser Motor sehr kräftig, robust und langlebig.

Ältere Loks mit (z. B. mit dreipoligem) DCM lassen sich ggf. (siehe Märklin-Umbauliste) durch einen Märklin-Antriebsset 60901, der u. a. einen fünfpoligen Trommelkollektormotor mit Permanentmagneten (also für Gleichstrom) sowie einen digitalen Lokdekoder 60902 (z. B. mit dem Chip 701.22B) enthält, zum Hochleistungsantrieb umrüsten. Ich bin mit dem leisen und kraftvollen Hochleistungsantrieb voll zufrieden.

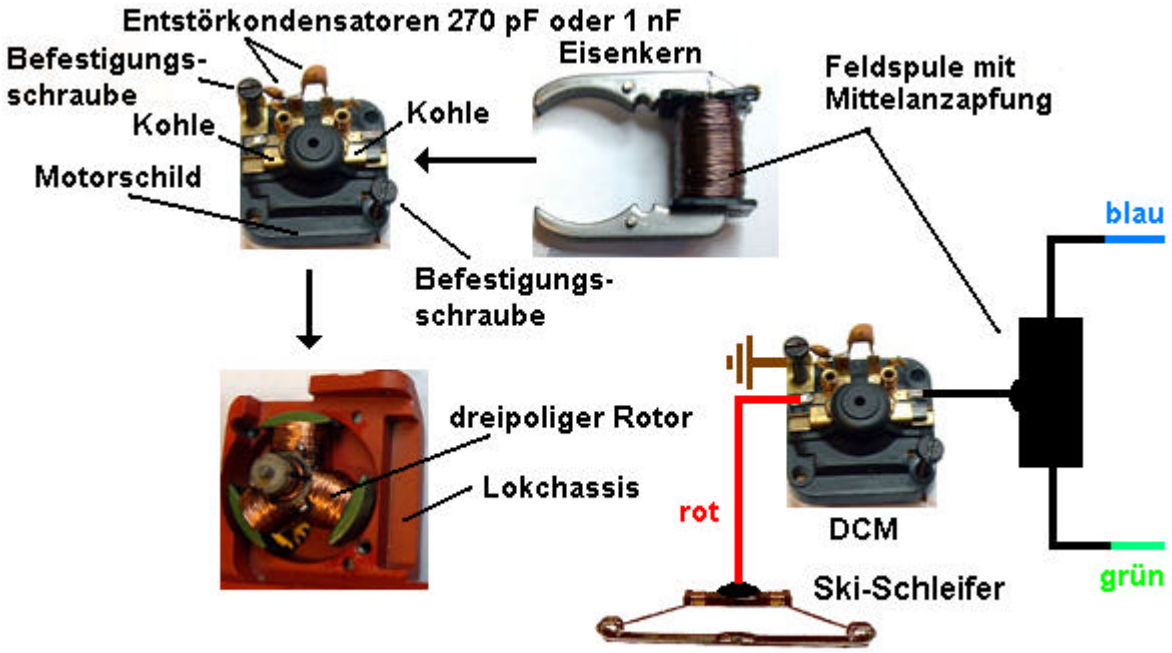


Bild M6 Trommelkollektormotor (DCM) mit Feldspule (Allstrommotor)

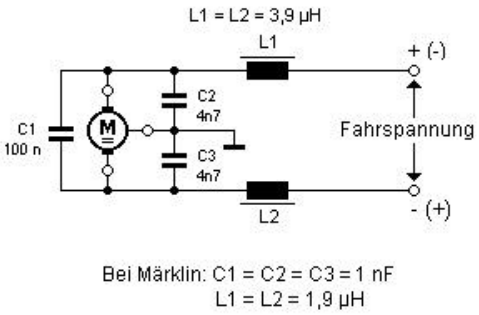


Bild M6a Funkentstörung für Gleichstrommotoren (z. B. DCM)

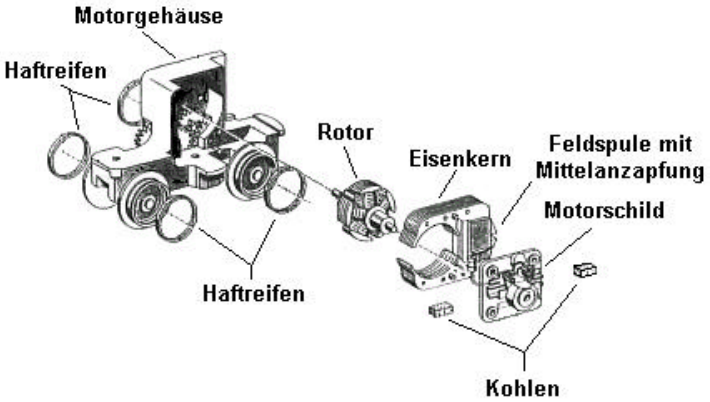


Bild M6b Aufbau eines Trommelkollektormotors (DCM) mit Feldspule (Allstrommotor)

Beim Trommelkollektormotor für den Gleichstrombetrieb entfällt die Feldspule und der Eisenkern wird durch einen Permanentmagneten (Dauermagneten) ersetzt. Es muss dann natürlich auch ein Lokdekoder für Gleichstrom eingesetzt werden! Bild M6a zeigt die Funkentstörung.

3.1 Bedeutung der Stecker- und Kabelfarben bei Märklin

Ansicht	Stecker	Kabel	Bedeutung
	rot	rot	Bahnstrom (B) Mittelleiter des Gleises
	braun	braun	Masse (0) Außenschienen des Gleises
	gelb	gelb	Lichtstrom (L) Lichtanschluss, ca. 16 V ~
	rot	blau	Magnetartikel (Weiche = Abzweig, Signal = Halt)
	grün	blau	Magnetartikel (Weiche = Gerade, Signal = Fahrt)
	orange	blau	Magnetartikel (3. Stellung, Signal = grün/gelb)
	grau	grau	Nicht festgelegt (z. B. Verbindung Kontakt zum s 88)

Kabelfarbe	Anschluss beim Lokdekoder (Märklin)
rot	Skischleifer (Punktkontakte, Mittelleiter des H0-Gleises)
braun	Lok-Masse (0 von den beiden Außenschienen des H0-Gleises)
schwarz	Motor-Anker über UKW-Drossel
grün	Feldspule (Motor vorwärts)
blau	Feldspule (Motor rückwärts)
grau	Funktion (f0), Licht vorn
gelb	Funktion (f0), Licht hinten
braun/rot	Funktion (f1)
braun/grün	Funktion (f2)
braun/gelb	Funktion (f3)
braun/weiß	Funktion (f4)
orange	Plus für Licht (f0) und Funktion (f1 bis f4)
weiß	Telex-Kupplung
violett	Elektronik-Masse (Minuspol = -)

4 C-Sinus-Motor

Anlässlich des Modellbahntreffs Göppingen (15./16.05.1999) kündigte Märklin seinen neuen Antrieb C-Sinus – eingebaut in das Modell des ICE-S – an. Der Antrieb basiert auf der Patentschrift DE 196 21 989 A1 vom 31.05.1196 (Erfinder: Klaus Kern). Dieser Motor arbeitet nur mit einem entsprechenden Lokdekoder sowie der Steuerelektronik von Märklin zusammen, da Motor und Motorreglung eine Einheit bilden. Er ist daher nicht einzeln, sondern ausschließlich in Kombination mit dem Dekoder in den entsprechenden Märklin-Loks, erhältlich.

Der C-Sinus-Motor, den Bild M7 zeigt, hat keinen Kollektor mehr. Es handelt sich um einen bürstenlosen Synchronmotor (synchron = gleichförmig) mit Magnetläufer, der nach dem Drehstromprinzip arbeitet. Ein zwölfpoliger Rotor mit einem Außendurchmesser von 20 mm dreht sich um einen mit neun Feldspulen besetzten Stator. Der Stator wird sozusagen vom Rotor umschlossen und ist im eingebauten Zustand nicht mehr sichtbar. Dieses Verfahren ist nicht neu, wird es doch bereits bei Millionen von Diskettenlaufwerken angewandt.

Ein, mit Hilfe einer speziellen Steuerelektronik durch mehrere Spulen im Stator erzeugtes rotierendes, Magnetfeld (Drehfeld) nimmt den entsprechend magnetisierten Rotor (also die Glocke) mit. Es werden keine Kohlen oder Bürsten zur Stromübertragung benötigt. Die richtige Ansteuerung der Statorspulen erfolgt aufgrund von Sensorrückmeldungen. Als Drehzahldetektoren dienen im Motorblock eingebaute Hall-Sensoren, die drehzahlabhängige Signale liefern. Die Dreh-

zahl des Läufers und damit auch die Frequenz der Spannung an den Feldspulen wird intern im Dekoder von einem spannungsgesteuerten Oszillator (englisch: VCO = Voltage Controlled Oscillator) als Funktion der angelegten Spannung bestimmt. Gleichzeitig beeinflussen die Stromaufnahme (also die Belastung) und die Einstellung des Einstellreglers für die maximale Geschwindigkeit die tatsächliche Drehzahl.

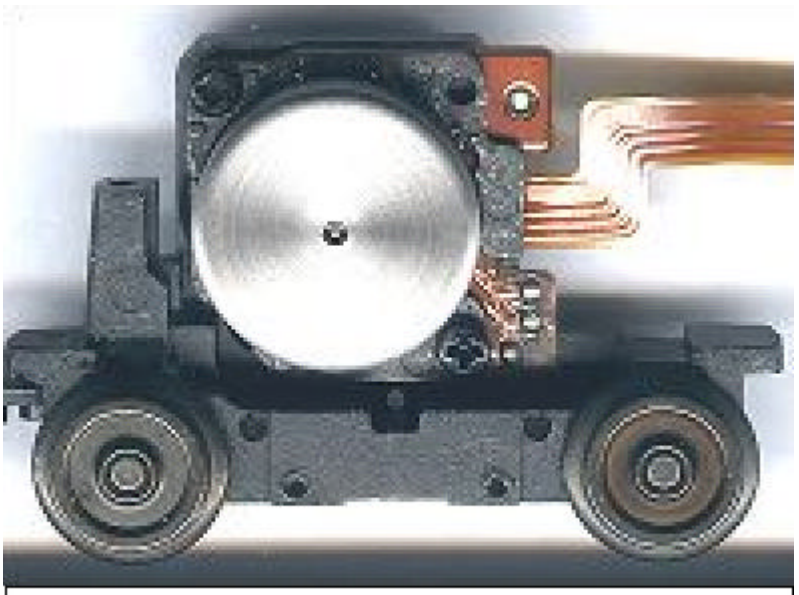


Bild M7 C-Sinus-Motor von Märklin

Die C-Sinus-Motoren haben praktisch keine Verschleißteile mehr und sind somit wartungsfrei. Von außen ist nur die schon erwähnte silbrig glänzende Glocke zu sehen. Unter der Glocke sind die neun Feldspulen fest auf dem Stator montiert, d. h. die Wicklungen der Feldspulen sitzen auf dem neunnutigen Stator oder Ständer. Die Glocke (als Läufer) ist ein Dauermagnet und besitzt 12 Pole. Es gibt dabei keine elektrische Verbindung zur Spule. Kohlen und Federn sowie der Kollektor entfallen somit. Jeweils drei, um 120° zueinander versetzte, Ständerspulen sind immer parallel geschaltet und werden nach dem Drehstromprinzip angesteuert, d. h. mit $^1/_3$ des Gesamtwinkels von 120°, also mit 40°. Zur Stromersparnis sind die Ständerspulen per Sternschaltung miteinander verknüpft. Die Elektronik im Dekoder lässt von den neun Spulen ein rotierendes Magnetfeld erzeugen, das die Glocke berührungslos und leise mitnimmt.

Der zum C-Sinus-Motor von Märklin gelieferte Lokdekoder weist auf der Platinenoberseite z. B. einen Chip (ein IC) mit der Nummer 701.40A auf. Neben dem üblichen achtpoligen DIP-Schalter zum Einstellen der Dekoderadresse gibt es noch zwei Einstellregler zum Festlegen der Höchstgeschwindigkeit sowie der Anfahrbeschleunigung und der Bremsverzögerung. Auf der Platinenunterseite "springt" gleich der Anschluss für den Motor ins Auge. Eine weiße Buchse nimmt hier das orange Flachbandkabel auf, das Dekoder und Motor miteinander verbindet.

Die Vorteile des C-Sinus-Motors gegenüber einem konventionellen Motor sind ein deutlich höheres Drehmoment (gerade auch bei niedrigen Drehzahlen) und eine geringere Stromaufnahme. Das bedeutet einen besseren Wirkungsgrad, der wiederum Transformatoren, Booster und Zentraleinheit entlastet. Der Motor ist zudem, vor allem in den untersten Geschwindigkeitsbereichen, leiser und läuft sehr sanft an (kleine Selbsthemmung). Der C-Sinus-Motor weist gute Langsam-

fahreigenschaften sowie eine geringe Lastabhängigkeit auf und ist wartungsfrei. Nachteilig ist der höhere Preis (auch bedingt durch den erforderlichen Spezial-Lokdekoder) und dass es ihn ausschließlich bei Märklin in bestimmten Lok-Modellen gibt.

5 Glockenanker- oder Faulhabermotor

Eine Sonderform des Gleichstrommotors stellt der sogenannte eisenlose Glockenankermotor dar, der besser unter der Bezeichnung Faulhaber-Motor (nach dem Erfinder Dr. Faulhaber) bekannt ist. 1958 hat Dr. Faulhaber diesen Motor zum Patent angemeldet. Der Glockenankermotor begann ca. 1980 langsam Fuß zu fassen und hat sich heute voll etabliert. Sie finden ihn inzwischen in vielen Großserienmodellen; z.B. von Märklin, Roco usw.

Bild M8 Glockenanker- oder Faulhabermotor

Funktion und Schaltung entsprechen dem oben beschriebenen Gleichstrommotor, allerdings ist der Aufbau ein anderer. Beim glockenförmigen Anker gibt es beim Rotor keinen Eisenkern, vielmehr ist die Ankerwicklung in Becher- oder Glockenform auf einen Kunststoffträger geklebt. Innerhalb dieses rotierenden Bechers befindet sich der sehr starke zylindrische Permanentmagnet. Die Stromübertragung erfolgt per Goldbürsten, was nur eine geringe Bremswirkung für den Rotor darstellt. Der Wirkungsgrad des Glockenankermotors liegt zwischen 57 bis 86 %. Wenn Sie die Motorwelle dieses Motors von Hand schwungvoll andrehen, so läuft er mit einigen Umdrehungen aus, undenkbar beim normalen Gleichstrommotor. Eine kleine Schwungmasse stellt dabei schon einen großen Energiespeicher dar, da dieser Motor die kinetische Energie (Bewegungsenergie) beim Ausrollen des Fahrzeuges nicht selber verbraucht. Die Lok rollt dadurch sanft aus.

Auch das Massenträgheitsmoment ist aufgrund des eisenlosen Rotors sehr gering, so dass der Motor sehr schnell die mit der anliegenden Fahrspannung erzielbare Solldrehzahl erreicht. Die Glockenankermotoren sind für die unterschiedlichsten Spannungen ab 3 V lieferbar. Bei H0 finden hauptsächlich Typen mit einer Nennspannung von 12 V Verwendung, deren Stromaufnahme typabhängig zwischen 90 bis 300 mA liegt. Der Gleichstromwiderstand beträgt dabei 10 bis 120 Ω. Da Glockenankermotoren mit mechanischen Schwungscheiben auf den normalen Heimanlagen schon einen fast zu langen Auslauf haben und ggf. über den stromlosen Haltebereich vor einem Signal hinüber rollen, d.h. ohne Halt weiterfahren, empfiehlt sich ersatzweise eine elektronische Lösung:

Hierzu ist dem Glockenankermotor ein bipolarer (ungepolter) Elektrolytkondensator von z.B. 220 µF/35 V parallel zu schalten. Auch zwei entgegengesetzt hintereinander geschaltete gepolte Elektrolytkondensatoren doppelter Kapazität sind verwendbar (2 * 470 µF = 235 µF). Je größer die Kapazität des Parallelkondensators, desto länger das Ausrollen. Dieser Schaltungstrick lässt sich auch im Digitalsystem anwenden.

Vorteile des Glockenankermotors	Nachteile des Glockenankermotors
Extrem niedrige Anlaufspannung	Relativ hoher Preis
Ruhiger, fast geräuschloser Lauf im Fahrbetrieb	Geringe Induktivität (durch eisenlosen Anker)
Relativ hoher Wirkungsgrad	Geringer Wechselstromwiderstand
Niedrige Stromaufnahme	Probleme mit einigen Fahrreglern

Aufgrund des eisenlosen Ankers und der daraus resultierenden vergleichsweise geringen Induktivität setzt der Glockenankermotor dem höherfrequenten Wechselstrom nur einen geringen Widerstand entgegen und könnte sich leicht erhitzen. Beim Einsatz einer NF-Dauerzugbeleuchtung muss dem Glockenankermotor eine Sperrdrossel vorgeschaltet werden. Auch im Digitalsystem ist der Einsatz einer Drossel mit möglichst großer Induktivität und einem Gleichstromwiderstand von 30 bis 60 Ω sinnvoll. Von Märklin lässt sich der Lokdekoder 60905 (z. B. mit Chip 701.22) beim Glockenankermotor verwenden.

6 Motorkosmetik (ölen und fetten)

Wo oder was ist zu ölen?

Märklin empfiehlt hier ca. alle 40 Betriebsstunden bestimmte Teile zu ölen. In den Betriebsanleitungen zu den Loks sind die zu ölenden Stellen genau eingezeichnet. So ist Öl auf die Zähne der Zahnräder zu geben sowie auf die Achsen der Räder. Ebenso bekommt die Rotorwelle des Motors (von außen soweit möglich) ein Tröpfchen Öl ab. Beim Ölen bitte sparsam vorgehen; die Lok sollte nicht "baden"!!

Auch die Achsen der Zahnräder des Motorgetriebes können etwas Öl vertragen. Hierzu ist meist der Motor zu zerlegen. Ist der Motor schon mal zugänglich, bietet es sich an, auch gleich die Rotorachsen zu fetten statt zu ölen. Immerhin rotiert dieses Teil am Schnellsten und sollte daher gut behandelt werden. Fett hält nämlich länger vor als dünnes Öl. Doch wie lässt sich der Motor auseinander bauen?

Zuerst eine Warnung: Nehmen Sie diese Arbeiten nur vor, wenn Sie sich zutrauen, den Motor auch wieder zusammen zu bekommen. Ein gut geölter aber kaputter (funktionsloser) Motor nutzt Ihnen nicht viel. Außerdem sollten Sie nur Märklin-Motoren des Typs LFCM, SFCM oder DCM zerlegen. Hilfreich ist auch eine Explosionszeichnung des Motors. Märklin hält auf der Homepage hier einige Lok-Zeichnungen zum Ausdruck bereit. Prinzipiell erfolgt das Auseinandernehmen des Motors (nach Abnehmen des Lokgehäuses) wie folgt:

Zuerst sind die beiden Bürsten (Kupferdraht/Kohle oder Kohle/Kohle) am Motorschild zu entfernen und ggf. gleich gegen neue auszutauschen. Die Bürsten drückt jeweils eine kleine Feder an den Kollektor. Um an die Bürste zu kommen, ist die Feder (z. B. mittels einer Pinzette) vorsichtig zur Seite wegzubiegen, so dass die Bürste frei kommt. Dann die Bürsten herausziehen. Anschließend sind die zwei Zylinderkopf-Schrauben (z. B. M 2,5 x 12 mm oder M2 x 12 mm), mit denen der Motorschild am Lok-Chassis festgeschraubt ist, mit einem Schraubendreher herauszudrehen. Jetzt den Motorschild vorsichtig abheben. Nun kommt auch der Eisenkern (Anker) frei und der Rotor lässt sich herausnehmen. Die einzelnen Bauteile des Trommelkollektormotors (DCM) sehen Sie in den Bildern M6 und M6b. Die Schrauben und Bürsten sowie die anderen Teile sollten Sie alle in eine kleine Kunststoffschale legen, damit sie nicht verloren gehen.

Nun können Sie die Kupfer-Kontaktflächen des Kollektors mit einem in Feuerzeugbenzin getauchten Wattestäbchen abwischen. Bitte nicht zu fest aufdrücken und keine Wattereste hinterlassen. Bei stark "verdrecktem" Kollektor kann auch eine Kleinbohrmaschine mit einer Kupferbürstenscheibe (vorsichtig) eingesetzt werden. Wenn Sie genug Geld haben, sollten Sie ein professionelles Ultraschallreinigungsgerät zum Reinigen benutzen.

Dann kommt Silikonfett, Vaseline, Roco-Fett oder auch Teflon-Fett an die Enden der Achse und auf die Zähne des Ritzels. Das Ritzel ist das Teil, welches das Getriebe antreibt. Auch hier wieder nicht übertreiben. Das Ritzel kann jedoch etwas mehr Fett vertragen. Die Achsenden sind nur wenig zu fetten, da beim Einbau, d. h. beim Reinstecken in die Lagerbuchsen, sonst das Meiste wieder abgestreift wird und z. B. den (gerade abgewischten) Kollektor verschmutzen könnte. Ist alles gefettet erfolgt der Zusammenbau in umgekehrter Reihenfolge. Vorsichtig sind Eisenkern (Anker), Rotor, Motorschild und zuletzt die (ggf. neuen) Bürsten wieder einsetzen. Zum Schluss müssen Sie noch die Federn über die Bürsten legen.

Nun fehlen nur noch die beiden schwarzen Befestigungsschrauben. Bitte ziehen Sie diese fest, aber nicht zu fest an, da sich sonst der Motorschild (Kunststoff) verziehen kann. Achtung: Eine Schraube muss durch das Loch mit der Masse-Lötöse gehen, die andere Schraube gehört diagonal in die andere Ecke!

Nun steht einer Probefahrt nichts mehr im Wege. Wenn diese zufriedenstellend verlaufen ist, kann die Lok wieder zusammengeschraubt und die nächste Lok gewartet werden.

6.1 Altes Fett und Öl entfernen

Um das Metallgetriebe (nicht das lackierte Lokgehäuse oder Motorteile mit Elektrik!) gründlich von alten Fett-, Schmutz- und Ölrückständen zu befreien, bietet sich ein in Feuerzeug- oder Waschbenzin getauchtes Wattestäbchen an. Für empfindlichere Teile lässt sich auch Alkohol aus der Apotheke verwenden. Das bereits oben erwähnte professionelle Ultraschallreinigungsgerät ist auch nicht schlecht. Nach einer Getriebereinigung mit Feuerzeug- oder Waschbenzin sind beim erneuten Schmieren auch unbedingt die Achsen der Zahnräder mit zu schmieren, wie es im vorigen Abschnitt beschrieben wurde. Sollten Sie das Schmieren vergessen haben, hören Sie es spätestens bei der Probefahrt am Quietschen.